

TIPO: CURSO DE POSGRADO.

NOMBRE: MÉTODOS NUMÉRICOS (CING-02).

VIGENCIA: 2008.

UNIDAD ACADÉMICA EJECUTORA: Facultad de Ingeniería, UNRC.

DOCENTE RESPONSABLE:

Dr. Ing. Sergio Preidikman; Oficina: Cubículo 20, Facultad de Ingeniería;
TE: 467-6486; e-mail: spreidik@vt.edu

DOCENTE CO-RESPONSABLE:

Mter. María del Carmen Pramparo; Oficina 7, Planta Piloto, Facultad de Ingeniería;
TE: 467-6585; e-mail: mpramparo@ing.unrc.edu.ar

PROFESIONALES A LOS QUE ESTÁ ORIENTADO: Ingenieros, licenciados y egresados de otras carreras que cumplan con los requisitos de admisión al programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería.

CONDICIONES DE INSCRIPCIÓN: Tener conocimientos de: Álgebra Lineal, Cálculo de Varias Variables, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, Informática, y Métodos Numéricos. Tener experiencia previa en el uso de MATLAB. Es recomendable tener experiencia previa en el uso de algún manipulador simbólico (e.g., MAPLE y/o Matemática). Se entiende que lo que se presenta como “recomendable” no es excluyente.

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN: El objeto de estudio de este curso es tradicionalmente llamado *análisis numérico*. El análisis numérico trata del diseño y análisis de algoritmos utilizados para resolver problemas matemáticos que se originan en diferentes campos, especialmente en ciencias e ingeniería. Por esta razón, recientemente, el análisis numérico comenzó a ser conocido como *computación científica*. La computación científica se distingue de las otras ramas de la ciencia de la computación por el hecho de que trata con magnitudes que son *continuas*; continuo como opuesto a discreto. La computación científica opera con funciones y con ecuaciones cuyas variables subyacentes – tiempo, distancia, velocidad, temperatura, presión, intensidad de corriente, densidad – son continuas por naturaleza.

Un gran número de problemas de la matemática continua (por ejemplo, la mayoría de los problemas que incluyen derivadas, integrales, y/o no-linealidades) no pueden ser resueltos exactamente, aun en principio, en un número finito de pasos y deben resolverse mediante un (teóricamente infinito) proceso iterativo que converge últimamente a una solución. En la práctica no se itera indefinidamente, por supuesto, sino hasta que la solución obtenida es aproximadamente correcta, “suficientemente cercana” a la solución deseada. Por lo tanto, uno de los aspectos más importantes de la computación científica es encontrar algoritmos iterativos rápidamente convergentes y determinar la “exactitud” de la solución encontrada. Si la convergencia es suficientemente rápida, aun algunos problemas que *son susceptibles* de ser resueltos mediante algoritmos no iterativos, tales como sistemas de ecuaciones algebraicas lineales, pueden ser más convenientemente resueltos utilizando algoritmos iterativos. Un segundo factor que distingue a la computación científica es su “preocupación”

respecto de los efectos de las aproximaciones. Un gran número de técnicas de solución involucran una serie de aproximaciones de varios tipos. Aun la aritmética utilizada es aproximada, en el sentido que las computadoras digitales no pueden representar exactamente a todos los números reales.

Este curso presenta un amplio panorama de los métodos numéricos y está dirigido a estudiantes de ciencia e ingeniería que necesitan resolver problemas matemáticos. Difiere de los cursos tradicionales en métodos numéricos en el sentido de que la asignatura está enfocada a la motivación e ideas detrás de los algoritmos que se presentan y no al análisis detallado de los mismos. En este curso se tratará de que el estudiante logre adquirir una idea cabal de las técnicas disponibles para resolver problemas en los diferentes tópicos a ser tratados, incluyendo la formulación del problema y la interpretación de resultados. En esta asignatura se hará uso, tanto como sea posible, de software matemático comercial escrito por profesionales. El curso está dirigido mucho más a potenciales usuarios de software matemático que a potenciales creadores de este tipo de software. Uno de los objetivos más importantes es lograr que el estudiante tome conciencia de cuáles son los aspectos más relevantes al momento de seleccionar métodos y software, y que aprenda a utilizarlos inteligentemente. Mas allá del objetivo puramente académico, esta asignatura es también de utilidad para profesionales ingenieros y de otras áreas de la ciencia que deseen obtener una alternativa “numérica” a la solución de problemas que se presentan en sus respectivas profesiones, y un conocimiento de los métodos y del software disponible para su solución.

Este curso en métodos numéricos, de un semestre de duración, sirve a tres propósitos:

- Como asignatura de postgrado para estudiantes en ciencias e ingeniería que necesitan utilizar métodos numéricos y software matemático en sus investigaciones. Se trata de un curso fundamental o básico para un programa de postgrado interdisciplinario patrocinado por una escuela de ingeniería.
- Como asignatura de postgrado básico para estudiantes de ciencias de la computación y de matemática que no pretenden especializarse en análisis numérico.
- Como materia selectiva para estudiantes avanzados de las carreras de ingeniería, matemática y ciencias de la computación.

DURACIÓN Y ORGANIZACIÓN: 60 horas (3 créditos.)

El total del tiempo se dedicará a clases teórico-prácticas, las que se desarrollarán en aula.

El presente curso no requiere de trabajos de campo, gabinete o laboratorio, visitas o viajes de estudio.

Horario y Lugar de Clases: miércoles de 9:00 a 12:30; Laboratorio de Informática o Laboratorio de Simulación de la Facultad de Ingeniería.

Fecha de inicio: miércoles 12 de marzo, 2008

Fecha de finalización: miércoles 25 de junio, 2008. Un total de 16 semanas de duración.

METODOLOGÍA DE DICTADO: Se dictará una clase teórico-práctica semanal de 3 ½ horas de duración. La misma se desarrollará en aula, con exposición oral, uso de

pizarrón, de computadoras, de retroproyector y de proyector multimedia. Se fijarán horarios de consulta de acuerdo a las posibilidades del docente responsables de la asignatura y de los estudiantes inscriptos.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y APROBACIÓN: Trabajos prácticos: 50%; Examen Final: 50% (miércoles 25 de junio, 2008.) Para aprobar la asignatura, el alumno deberá obtener una nota final igual o superior a 6 (seis.) El examen final será resuelto en forma individual durante horario de clases. Cada trabajo práctico deberá ser entregado en la fecha estipulada por el docente. No se aceptarán trabajos prácticos tardíos. La asistencia a clases no es un requisito para aprobar el curso, aunque la misma es altamente recomendada.

CANTIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA DE ALUMNOS ADMITIDOS:

Mínimo: 2.
Máximo: 20.

NECESIDADES DE FINANCIAMIENTO: Apoyo económico para la compra de diskettes, CDs, marcadores para pizarra blanca, confección de fotocopias y de transparencias.

NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA: Disponibilidad de un aula con pizarra blanca, computadoras, proyector multimedia y retroproyector.

PROGRAMA ANALÍTICO RESUMIDO:

1. Computación con IEEE Aritmética de Punto Flotante [1, 2, 3, 4, 5, 10, y 13].
2. Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales [1, 2, 3, 4, y 8].
3. Ecuaciones No-Lineales [1, 2, y 3].
4. Optimización [1, 2, y 8].
5. Problemas de Valores Iniciales para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (IVPs) [1, 2, 3, 4, 9, y 11].
6. Problemas de Valores en las Fronteras para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (BVPs) [1, 4, 9, y 11].
7. Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales (PDEs) [1, 3, 4, 6, 11, y 12].
8. Tópicos Adicionales [1, 3, y 7].

PROGRAMA ANALÍTICO DESARROLLADO:

Parte I – Computación con IEEE Aritmética de Punto Flotante

Introducción; Los Números Reales; Representación de Números en la Computadora; La Representación IEEE de Punto Flotante; Normalización; Precisión de la Computadora; Redondeo; Overflow y Underflow; Cancelación; Estabilidad; Otros Sistemas Aritméticos; Problemas.

Parte II – Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales

Sistemas Lineales; Existencia y Unicidad; Sensitividad y Condicionamiento; Tipos Especiales de Sistemas Lineales; Métodos Iterativos para Sistemas Lineales; Software para Sistemas Lineales; Problemas.

Parte III – Ecuaciones No-Lineales

Ecuaciones No-Lineales; Existencia y Unicidad; Sensitividad y Condicionamiento; Velocidad de Convergencia y Criterios de Parada; Ecuaciones No-Lineales en Una Dimensión; Sistemas de Ecuaciones No-Lineales; Software para Ecuaciones No-Lineales; Problemas.

Parte IV – Optimización

Problemas de Optimización; Existencia y Unicidad; Sensitividad y Condicionamiento; Optimización en Una Dimensión; Optimización sin Restricciones; Métodos de Mínimos Cuadrados No-Lineales; Optimización con Restricciones; Software para Optimización; Problemas.

Parte V – Problemas de Valores Iniciales para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (IVPs)

Teoría Elemental de IVPs; Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (ODEs); Existencia, Unicidad y Condicionamiento; Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias; Métodos “Multistep”; Ecuaciones Diferenciales “Stiff”; Software para IVPs; Problemas.

Parte VI – Problemas de Valores en las Fronteras para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (BVPs)

Problemas de Valores en las Fronteras; Existencia, Unicidad y Condicionamiento; Método “Shooting” para Problemas Lineales y Problemas No-Lineales; Método de Diferencias Finitas; Método de Rayleigh-Ritz; Método de Colocación; Método de Galerkin; Una Introducción al Método de los Elementos Finitos; Problema de Autovalores; Software para BVPs; Problemas.

Parte VII – Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales (PDEs)

Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales; Problemas Dependientes del Tiempo; Problemas Independientes del Tiempo; Método de Diferencias Finitas; Métodos Directos para Sistemas Lineales “Sparse”; Métodos Iterativos para Sistemas Lineales; Comparación de Métodos; Una Introducción al Método de los Elementos Finitos; Software para PDEs; Problemas.

Parte VIII – Tópicos Adicionales

Ecuaciones DAE (Differential-Algebraic Equations); Estabilidad; Modelación con DAEs; Métodos Numéricos para DAEs; Transformada de Fourier; Interpolación Trigonométrica; Transformada Discreta de Fourier (DFT); Algoritmos FFT; Software para FFT;

BIBLIOGRAFÍA:

1. Heath, M. T., *Scientific Computing: An Introductory Survey, 2nd Edition*, McGraw Hill, NY, 2002.
2. Van Loan, C. F., *Introduction to Scientific Computing A Matrix-Vector Approach Using MATLAB[®]*, Prentice Hall, NJ, 2000.
3. Moler, C. B., *Numerical Computing with MATLAB*, SIAM, PA, 2004.
4. Burden, R. L., and Faires, J. D., *Numerical Analysis, 8th Edition*, Thomson Brooks/Cole, 2005.
5. Overton, M. L., *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*, SIAM, PA, 2001.
6. Lucquin, B., and Pironneau, O., *Introduction to Scientific Computing*, John Wiley & Sons, England, 1998.
7. Ascher, U. M., and Petzold, L. R., *Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations*, SIAM, 1998.
8. Leader, J. J., *Numerical Analysis and Scientific Computation*, Pearson Addison Wesley, USA, 2004.
9. Shampine, L. F., Gladwell, I., and Thompson, S., *Solving ODEs with MATLAB*, Cambridge University 2003.
10. Kaplan, D.T., *Introduction to Scientific Computation and Programming*, Thomson Brooks/Cole, Canada, 2004.
11. Stanoyevitch, A., *Introduction to Numerical Ordinary and Partial Differential Equations Using MATLAB[®]*, Wiley-Interscience, New Jersey, 2005.
12. Stanoyevitch, A., *Introduction To MATLAB[®] With Numerical Preliminaries*, Wiley-Interscience, New Jersey, 2004.
13. Gockenbach, M. S., *Partial Differential Equations, Analytical and Numerical Methods*, SIAM, 2002.
14. Fosdick, L. D., Jessup, E. R., Schauble, C. J. C., and Dimik, G., *An Introduction to High-Performance Scientific Computing*, MIT Press, MIT, 1996.
15. Moin, P., *Fundamentals of Engineering Numerical Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
16. Quarteroni, A., Sacco, R., Saleri, F., *Numerical Mathematics – 2nd Edition*, Springer-Verlag, 2006.

REFERENCIAS PARA LECTURA ADICIONAL:

1. Gourlay, A. R., and Watson, G. A., *Computational Methods for Matrix Eigenproblems*, John Wiley & Sons, Chichester-NY-Brisbane-Toronto, 1973.
2. Kernighan, B. W., and Plauger, P. J., *The Elements of Programming Style*, McGraw-Hill, NY, 1978.
3. Botha, J. F., and Prinder, G. F., *Fundamental Concepts in the Numerical Solution of Differential Equations*, Wiley-Interscience, USA, 1983.
4. Horn, R. A., and Johnson, C. H., *Matrix Analysis*, Cambridge University, NY, Press, 1985.
5. Horn, R. A., and Johnson, C. H., *Topics in Matrix Analysis*, Cambridge University, USA, Press, 1991.
6. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., and Flannery, B. P., *Numerical Recipes in Fortran, The Art of Scientific Computing*, Cambridge University 1992.
7. Jennings, A., and Mckeown, J. J., *Matrix Computation*, John Wiley & Sons Ltd., 1992.
8. Ueberhuber, C. W., *Numerical Computation 1, Methods, Software, and Analysis*, Springer, Berlin Heidelberg 1995.
9. Ueberhuber, C. W., *Numerical Computation 2, Methods, Software, and Analysis*, Springer, Berlin Heidelberg 1995.
10. Golub, G. H., and Van Loan, C. F., *Matrix Computations*, Johns Hopkins, London, 1996.
11. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., and Flannery, B. P., *Numerical Recipes in Fortran 90, The Art of Parallel Scientific Computing*, Cambridge University 1996.
12. Dongarra, J., Duff, I., Sorensen, D., and Van der Vorst, H., *Numerical Linear Algebra for High-Performance Computers*, SIAM, 1998.
13. Dowd, K., and Severance, C., *High Performance Computing*, O'REILLY, CA, 1998.
14. Chen, K., Giblin, P., and Irving, A., *Mathematical Explorations with MATLAB*, Cambridge University Press, UK, 1999.
15. Kincaid, D., and Cheney, W., *Numerical Mathematics and Computing*, Brooks/Cole, 1999.
16. Higham, D. J., and Higham, N. J., *MATLAB Guide*, SIAM, PA, 2000.
17. Rabier, P. J., and Rheinboldt, W. C., *Nonholonomic Motion of Rigid Mechanical Systems from a DAE Viewpoint*, SIAM 2000.

18. Goedecker, S., Hoisie, A., *Performance Optimization of Numerically Intensive Codes*, SIAM, PA, 2001.
19. Kincaid, D., and Cheney, W., *Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing*, Brooks/Cole Thomson Learning Inc., 2002.
20. Rao, S. S., *Applied Numerical Methods for Engineers and Scientists*, Prentice Hall, Inc., 2002.
21. Schatzman, M., *Numerical Analysis a mathematical introduction*, Oxford University Press, Oxford, 2002.
22. Lyshevski, S. E., *Engineering and Scientific Computations Using MATLAB*, A. John Wiley & Sons Inc., 2003.
23. Mathews, J. H., and Fink, K. D., *Numerical Methods using MATLAB, with Software and Programming Applications*, Pearson Prentice Hall, Inc., 2004.
24. Gerald, C. F., and Wheatley, P. O., *Applied Numerical Analysis*, Pearson Addison Wesley, 2004.
25. Chapra, S. C., and Canale, R. P., *Numerical Methods for Engineers – 5th Edition*, McGraw-Hill Companies, Inc., 2005.
26. Chapra, S. C., *Applied Numerical Methods With MATLAB for Engineers And Scientists – 2nd Edition*, McGraw-Hill Companies, Inc., 2006.
27. Smith, D., *Engineering Computation With Matlab*, Addison-Wesley, 2007.
28. Fausett, L. V., *Applied Numerical Analysis Using Matlab*, Prentice Hall, Inc., 2007.

COMENTARIOS:

- a) Notas de clase relativas a parte del material a cubrir en el curso serán provistas por los profesores;
- b) Software, como por ejemplo MATLAB y MAPLE, será utilizado para llevar a cabo simulaciones numéricas.

Sergio Preidikman

7 de Diciembre, 2007